



4

Attorney Docket No. 07553.0021
Customer Number 22,852

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
)
Toru KAWAGUCHI) Group Art Unit: 2878
)
Serial No.: Not Yet Assigned) Examiner: Unknown
)
Filed: April 12, 2001)
)
For: SURFACE POSITION)
DETECTION DEVICE AND)
EXPOSURE APPARATUS AND)
EXPOSURE METHOD ACHIEVED)
BY UTILIZING DETECTION)
DEVICE)

Assistant Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Sir:

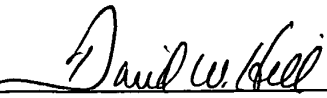
CLAIM FOR PRIORITY

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119, Applicant hereby claims the benefit of the filing date of Japanese Patent Application No. 2000-111314, filed April 12, 2000, for the above-identified U.S. patent application.

In support of this claim for priority, enclosed is one certified copy of the priority application.

Respectfully submitted,

FINNEGAN, HENDERSON, FARABOW,
GARRETT & DUNNER, L.L.P.

By: 
David W. Hill
Reg. No. 28,220

Dated: August 2, 2001

DWH/FPD/peg
Enclosures

LAW OFFICES
FINNEGAN, HENDERSON,
FARABOW, GARRETT,
& DUNNER, L.L.P.
1300 I STREET, N. W.
WASHINGTON, DC 20005
202-408-4000



本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 4月12日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-111314

出 願 人

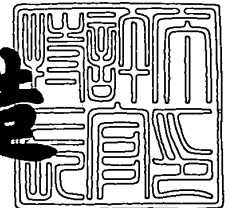
Applicant (s):

株式会社ニコン

2001年 2月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3005053

【書類名】 特許願

【整理番号】 00-00421

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03F 9/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン
内

 【氏名】 川口 透

【特許出願人】

 【識別番号】 000004112

 【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

 【識別番号】 100095256

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 山口 孝雄

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 033020

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9302511

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 面位置検出装置、並びに該検出装置を用いた露光装置および露光方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検面の面位置を検出する面位置検出装置において、
前記被検面上に斜め方向から光束を投射するための投射系と、
前記被検面で反射された光束を受光するための受光系とを備え、
前記投射系の光路および前記受光系の光路のうちの少なくとも一方の光路には、
偶数面の反射面を有し入射光束を該入射光束とは非平行な角度で射出させる光束偏向手段が設けられ、

前記受光系の出力に基づいて前記被検面の面位置を検出することを特徴とする面位置検出装置。

【請求項 2】 前記投射系は、前記被検面上に所定パターンの一次像を形成するための投射光学系を有し、

前記受光系は、前記被検面で反射された光束を集光して前記所定パターンの二次像を形成するための集光光学系と、該集光光学系を介して形成される前記所定パターンの二次像を検出するための検出部とを有し、

前記検出部の出力に基づいて前記被検面の面位置を検出することを特徴とする請求項 1 に記載の面位置検出装置。

【請求項 3】 前記光束偏向手段は、互いに平行でない一対の反射面が形成されたプリズムを有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の面位置検出装置。

【請求項 4】 前記プリズムは、入射光束を透過させるための第 1 透過面と、該第 1 透過面を透過して前記プリズムの内部を伝播した光束を反射するための第 1 反射面と、該第 1 反射面で反射されて前記プリズムの内部を伝播した光束を、前記第 1 透過面を透過した光束の光路と交わる光路に沿って反射するための第 2 反射面と、該第 2 反射面で反射されて前記プリズムの内部を伝播した光束を透過させるための第 2 透過面とを有することを特徴とする請求項 3 に記載の面位置検出装置。

【請求項5】 前記第1反射面と前記第2反射面とのなす角度が、40度以上且つ45度未満の範囲に規定されていることを特徴とする請求項4に記載の面位置検出装置。

【請求項6】 前記プリズムは、65以上のアッベ数を有する低分散の光学材料で形成されていることを特徴とする請求項3乃至5のいずれか1項に記載の面位置検出装置。

【請求項7】 前記プリズムは、 1 ppm/K 以下の熱膨張係数を有する低熱膨張の光学材料で形成されていることを特徴とする請求項3乃至6のいずれか1項に記載の面位置検出装置。

【請求項8】 前記光束偏向手段は、互いに平行でない一对の反射ミラーと、該一对の反射ミラーを嵌合保持するための保持部材とを有することを特徴とする請求項1または2に記載の面位置検出装置。

【請求項9】 前記保持部材は、 1 ppm/K 以下の熱膨張係数を有する低熱膨張の材料で形成されていることを特徴とする請求項8に記載の面位置検出装置。

【請求項10】 投影光学系を介してマスク上のパターンを感光性基板上へ投影露光する露光装置において、

前記マスクのパターン面または前記感光性基板の被露光面の前記投影光学系に対する面位置を、前記被検面の面位置として検出するための請求項1乃至8のいずれか1項に記載の面位置検出装置と、

前記面位置検出装置の検出結果に基づいて、前記マスクのパターン面または前記感光性基板の被露光面を前記投影光学系に対して位置合わせするための位置合わせ手段とを備えていることを特徴とする露光装置。

【請求項11】 投影光学系を介してマスク上のパターンを感光性基板上へ投影露光する露光方法において、

請求項1乃至8のいずれか1項に記載の面位置検出装置を用いて、前記マスクのパターン面または前記感光性基板の被露光面の前記投影光学系に対する面位置を、前記被検面の面位置として検出する検出工程と、

前記検出工程での検出結果に基づいて、前記マスクのパターン面または前記感

光性基板の被露光面を前記投影光学系に対して位置合わせする位置合わせ工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、面位置検出装置、並びに該検出装置を用いた露光装置および露光方法に関する。特に、半導体素子、液晶表示素子、撮像素子（CCDなど）、薄膜磁気ヘッドなどのマイクロデバイスを製造するためのリソグラフィ工程でマスクパターンを感光性基板上に転写するのに使用される投影露光装置における感光性基板の面位置の検出に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、投影露光装置に好適な面位置検出装置として、本出願人による特開昭56-42205号公報に開示された斜め入射型の面位置検出装置が知られている。この面位置検出装置では、投影レンズによってマスクパターンが転写される位置に配置された半導体ウェハに対して、斜め方向から検出光を照射する。さらに具体的には、半導体ウェハの表面を被検面として、この被検面にスリット状のパターンをその長手方向が入射面（入射光と反射光とで張る平面）と垂直になるように投射する。そして、その反射光を集光することによりパターン像を光電変換素子からなる検出手段の検出面上に再結像させ、検出面上のパターン像の形成位置を検出する。

【0003】

この面位置検出装置の構成では、被検面となる半導体ウェハの表面が上下方向に変位する（投影レンズの光軸に沿って変位する）と、その上下方向の変位に対応して検出手段に入射するスリット反射光がその幅方向（短手方向）に横ずれすることを利用し、その横ずれ量に基づいて半導体ウェハの表面の上下位置を検出する。こうして、検出結果に基づいて、ウェハ表面が投影レンズの合焦基準位置に一致しているか否か、すなわち投影レンズによって投影されるマスクパターン面との共役面に一致しているか否かが判定される。

【0004】

また、本出願人による特開平6-97045号公報には、上述の斜め入射型の面位置検出装置に関する改良例として、被検面の広い領域で位置検出が可能な面位置検出装置が開示されている。この面位置検出装置は、第1面に形成された所定パターンの像を被検面であるウェハ表面に投射する投射光学系と、被検面で反射された光束を集光して所定パターンの像を受光スリットの形成された第2面上に形成する集光光学系とを備えている。そして、第1面と被検面とが投射光学系に関してシャインプールの条件を満足し、且つ被検面と第2面とが集光光学系に関してシャインプールの条件を満足するように構成されている。

【0005】

また、この面位置検出装置では、投射光学系および集光光学系がそれぞれ両側テレセントリックに構成されており、第1面上の各点と被検面上の各共役点とが面内全域で同倍率となり、且つ被検面の各点と第2面上の各共役点とが面内全域で同倍率となることが保証されている。これらの構成により、第2面上に形成される所定パターンの像と受光スリットとを相対的に走査させ、光変調信号を同期検波する光電顕微鏡の原理に基づく検出方式により、被検面の検出領域の全体に亘って同じ検出精度が得られる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、被検面の面位置の検出精度を原理的に高めるには、被検面への光束の入射角を大きくする（ 90° に近づける）ことが必要である。この場合、投射光学系および集光光学系が被検面に接近することになり、これらの光学系の構成および配置について被検面の制約を受けることになる。特に、被検面の広い範囲で面位置の検出を行う必要がある場合には、光学系の構成部品が大型化することとなり、構成および配置上の制約がさらに大きくなる。この構成および配置上の制約を回避するために投射光学系および集光光学系の作動距離（WD）をともに大きく設定すると、それに伴って光学系の構成部品が大きくなる。このため、光学系の作動距離を大きく設定する方法は、構成および配置上の制約に対する有効な回避策とは成り難い。

【 0 0 0 7 】

上述の構成および配置上の制約を回避するには、本出願人による特公平 7 - 3 9 9 5 5 号公報（図 4 を参照）に開示されているように、投射光学系の光路中および集光光学系の光路中にミラーをそれぞれ設け、被検面への入射光束の光路および被検面からの反射光束の光路を大きく折り曲げて、投射光学系および集光光学系を被検面から遠ざけることが有効である。あるいは、同公報（図 6 を参照）に開示されているように、投射光学系の光路中および集光光学系の光路中に互いに平行な一対の全反射面を有するプリズムをそれぞれ配置し、被検面への入射光束の光路および被検面からの反射光束の光路をそれぞれ平行移動させて、投射光学系および集光光学系を被検面から遠ざけることが有効である。

【 0 0 0 8 】

しかしながら、光路中にミラーを設ける構成では、周囲の振動や温度変動等によるミラー保持部材の変動や変形に伴ってミラー反射面の傾斜変化が生じる。この場合、被検面への光束の入射角および入射位置、並びに検出面（第 2 面）への光束の入射角および入射位置が変化し、被検面の面位置の検出精度が悪化という不都合が生じる。一方、互いに平行な一対の全反射面を有するプリズムを配置する構成では、周囲の振動や温度変動等による検出精度の悪化はほとんど生じない。しかしながら、このプリズムでは入射光束の光路と射出光束の光路とが平行に保たれたままであり、このプリズムによって光束は全く偏向されることがないので、投射光学系や集光光学系が被検面に沿って放射状に両側へ張り出す構成となり、構成および配置上の制約が十分に解消されない恐れがある。

【 0 0 0 9 】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、光学系の構成および配置について被検面の制約を実質的に受けることがなく、周囲の振動や温度変動等に起因する検出精度の悪化を良好に抑えることのできる面位置検出装置を提供することを目的とする。また、本発明の面位置検出装置を用いて、マスクのパターン面と感光性基板の被露光面とを投影光学系に対して高精度に位置合わせすることのできる露光装置および露光方法を提供することを目的とする。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明の第 1 発明では、被検面の面位置を検出する面位置検出装置において、

前記被検面上に斜め方向から光束を投射するための投射系と、

前記被検面で反射された光束を受光するための受光系とを備え、

前記投射系の光路および前記受光系の光路のうちの少なくとも一方の光路には、偶数面の反射面を有し入射光束を該入射光束とは非平行な角度で射出させる光束偏向手段が設けられ、

前記受光系の出力に基づいて前記被検面の面位置を検出することを特徴とする面位置検出装置を提供する。

【0011】

第 1 発明の好ましい態様によれば、前記投射系は、前記被検面上に所定パターンの一次像を形成するための投射光学系を有し、前記受光系は、前記被検面で反射された光束を集光して前記所定パターンの二次像を形成するための集光光学系と、該集光光学系を介して形成される前記所定パターンの二次像を検出するための検出部とを有し、前記検出部の出力に基づいて前記被検面の面位置を検出する。

【0012】

また、第 1 発明の好ましい態様によれば、前記光束偏向手段は、互いに平行でない一対の反射面が形成されたプリズムを有する。この場合、前記プリズムは、入射光束を透過させるための第 1 透過面と、該第 1 透過面を透過して前記プリズムの内部を伝播した光束を反射するための第 1 反射面と、該第 1 反射面で反射されて前記プリズムの内部を伝播した光束を、前記第 1 透過面を透過した光束の光路と交わる光路に沿って反射するための第 2 反射面と、該第 2 反射面で反射されて前記プリズムの内部を伝播した光束を透過させるための第 2 透過面とを有することが好ましい。

【0013】

さらに、前記第 1 反射面と前記第 2 反射面とのなす角度が、40 度以上且つ 45 度未満の範囲に規定されていることが好ましい。また、前記プリズムは、65

以上のアップ数を有する低分散の光学材料で形成されていることが好ましい。さらに、前記プリズムは、 1 ppm/K 以下の熱膨張係数を有する低熱膨張の光学材料で形成されていることが好ましい。

【0014】

また、第1発明の好ましい態様によれば、前記光束偏向手段は、互いに平行でない一对の反射ミラーと、該一对の反射ミラーを嵌合保持するための保持部材とを有する。この場合、前記保持部材は、 1 ppm/K 以下の熱膨張係数を有する低熱膨張の材料で形成されていることが好ましい。

【0015】

本発明の第2発明によれば、投影光学系を介してマスク上のパターンを感光性基板上へ投影露光する露光装置において、前記マスクのパターン面または前記感光性基板の被露光面の前記投影光学系に対する面位置を、前記被検面の面位置として検出するための第1発明の面位置検出装置と、前記面位置検出装置の検出結果に基づいて、前記マスクのパターン面または前記感光性基板の被露光面を前記投影光学系に対して位置合わせするための位置合わせ手段とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

【0016】

本発明の第3発明によれば、投影光学系を介してマスク上のパターンを感光性基板上へ投影露光する露光方法において、第1発明の面位置検出装置を用いて、前記マスクのパターン面または前記感光性基板の被露光面の前記投影光学系に対する面位置を、前記被検面の面位置として検出する検出工程と、前記検出工程での検出結果に基づいて、前記マスクのパターン面または前記感光性基板の被露光面を前記投影光学系に対して位置合わせする位置合わせ工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

【0017】

【発明の実施の形態】

本発明の面位置検出装置では、被検面上に斜め方向から光束を投射する投射系の光路中または被検面で反射された光束を受光する受光系の光路中に、偶数面の反射面を有し入射光束を該入射光束とは非平行な角度で射出させる光束偏向手段

を設けている。本発明の典型的な形態によれば、投射系が被検面上に所定パターンの一次像を形成する投射光学系を有し、受光系が被検面で反射された光束を集光して所定パターンの二次像を形成する集光光学系を有する場合、投射光学系と被検面との間の光路中および集光光学系と被検面との間の光路中に、上述の光束偏向手段がそれぞれ設けられる。

【 0 0 1 8 】

具体的には、たとえば五角柱状のプリズムにおいて対向する一对の側面に反射膜を形成することによって、互いに平行でない一对の反射面が形成されたプリズムの形態を有する光束偏向手段が実現される。本発明では、上述の五角柱状のプリズムをペンタプリズムと呼称する。この場合、ペンタプリズムへの入射光束は、第1透過面をそのまま透過してプリズム内部を伝播した後に、第1反射面で反射される。第1反射面で反射されてプリズム内部を伝播した光束は、第1透過面を透過した光束の光路と交わる光路に沿って第2反射面で反射される。第2反射面で反射されてプリズム内部を伝播した光束は、第2透過面をそのまま透過して、ペンタプリズムから射出される。こうして、角度 ϕ をなす一对の反射面を有するペンタプリズムの作用により、入射光束は角度 ϕ だけ偏向されて射出される。

【 0 0 1 9 】

ペンタプリズムでは、後に詳述するように、その偏向角 ϕ が一对の反射面の交差角 ϕ により一義的に決定され、且つ五角柱状のプリズムの対向する2つの側面に反射膜を形成することによって一对の反射面が構成されているので、周囲の振動や温度変動等に起因して、一对の反射面の交差角 ϕ が実質的に変化することがなく、その偏向角 ϕ も実質的に変化することがない。したがって、周囲の振動や温度変動等に起因する保持部材の変動や変形に伴ってペンタプリズムがたとえば入射面（ペンタプリズムの入射光束と射出光束とを含む面）内で微小量だけ傾いたとしても、一对の反射面の相対的な角度位置関係（すなわち交差角 ϕ ）は一定に維持されるため、ペンタプリズムの偏向角 ϕ は不変であり、すなわち射出光束の方向が不変であり、ひいては被検面または受光面への光束の入射角も変化しないことになる。その結果、被検面や受光面において入射角の変化も入射位置の変化もほとんど生じることなく、周囲の振動や温度変動等に起因する検出誤差の発

生を良好に抑えることができる。

【 0 0 2 0 】

また、本発明では、投射光学系と被検面との間の光路中および集光光学系と被検面との間の光路中にそれぞれ設けられたペンタプリズムの作用により被検面への入射光束の光路および被検面からの反射光束の光路が大きく折り曲げられるので、投射光学系および集光光学系が被検面から遠ざけられ、これらの光学系の構成および配置が被検面の制約を実質的に受けることがない。

【 0 0 2 1 】

以上のように、本発明の面位置検出装置では、光学系の構成および配置について被検面の制約を実質的に受けることがなく、周囲の振動や温度変動等に起因する検出精度の悪化を良好に抑えることができる。

【 0 0 2 2 】

また、投影露光装置において投影光学系に対する感光性基板の面位置の検出に本発明の面位置検出装置を適用すると、投影露光装置の振動や周囲の温度変動等を実質的に影響されることなく、マスクのパターン面と感光性基板の被露光面とを投影光学系に対して高精度に位置合わせすることができる。その結果、本発明の面位置検出装置を備えた投影露光装置を用いて、良好なマイクロデバイスを製造することができる。

【 0 0 2 3 】

本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。

図 1 は、本発明の実施形態にかかる面位置検出装置を備えた投影露光装置の構成を概略的に示す図である。また、図 2 は、図 1 の投射光学系および集光光学系がともに両側テレセントリックであることを示す光路図である。なお、図 1 において、投影光学系 P L の光軸 A X に平行に Z 軸を、光軸 A X に垂直な面内において図 1 の紙面に平行に Y 軸を、紙面に垂直に X 軸を設定している。本実施形態では、投影露光装置における感光性基板の面位置の検出に対して本発明の面位置検出装置を適用している。

【 0 0 2 4 】

図示の投影露光装置は、露光用光源（不図示）から射出された照明光（露光光

）で、所定のパターンが形成されたマスクとしてのレチクルRを均一に照明するための照明系ILを備えている。レチクルRは、レチクルホルダRHを介して、レチクルステージ（不図示）上においてXY平面に平行に保持されている。レチクルステージは、図示を省略した駆動系の作用により、レチクル面（すなわちXY平面）に沿って二次元的に移動可能であり、その位置座標はレチクル干渉計（不図示）によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0025】

レチクルRに形成されたパターンからの光は、投影光学系PLを介して、感光性基板であるウェハWの表面（被露光面）Wa上にレチクルパターン像を形成する。ウェハWはウェハホルダ21上に載置され、ウェハホルダ21はホルダ保持機構22によって支持されている。ホルダ保持機構22は、ホルダ駆動部23の制御に基づいて、上下方向（Z方向）に移動可能な3つの支持点22a～22c（図1では2つの支持点22aおよび22bだけを示す）によって、ウェハホルダ21を支持している。

【0026】

こうして、ホルダ駆動部23は、ホルダ保持機構22の各支持点22a～22cの上下移動をそれぞれ制御することにより、ウェハホルダ21のレベリング（水平出し）およびZ方向（フォーカシング方向）移動を、ひいてはウェハWのレベリングおよびZ方向移動を行う。ウェハホルダ21およびホルダ保持機構22は、さらにウェハステージ（不図示）によって支持されている。ウェハステージは、図示を省略した駆動系の作用によりウェハ面（すなわちXY平面）に沿って二次元的に移動可能で且つZ軸廻りに回転可能であり、その位置座標はウェハ干渉計（不図示）によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0027】

ここで、レチクルRのパターン面上に設けられた回路パターンをウェハWの被露光面Waの各露光領域に良好に転写するには、各露光領域への露光毎に、投影光学系PLによる結像面を中心とした焦点深度の幅内に、被露光面Waの現在の露光領域を位置合わせする必要がある。このためには、現在の露光領域における各点の面位置すなわち投影光学系PLの光軸AXに沿った面位置を正確に検出し

た後に、被露光面W aが投影光学系P Lの焦点深度の幅の範囲内に収まるように、ウェハホルダ21のレベリングおよびZ方向の移動を、ひいてはウェハWのレベリングおよびZ方向の移動を行えば良い。

【0028】

そこで、本実施形態の投影露光装置は、被露光面W aの現在の露光領域における各点の面位置を検出するための面位置検出装置を備えている。図1を参照すると、本実施形態の面位置検出装置は、検出光を供給するための光源1を備えている。ところで、一般的に、被検面であるウェハWの表面W aは、レジスト等の薄膜で覆われている。したがって、この薄膜による干渉の影響を低減するために、光源1は波長幅の広い白色光源であることが望ましい。なお、光源1として、レジストに対する感光性の弱い波長帯の光を供給する発光ダイオード等を用いることもできる。

【0029】

光源1からの発散光束は、コンデンサーレンズ2を介して略平行光束に変換された後、偏向プリズム3に入射する。偏向プリズム3は、コンデンサーレンズ2からの略平行光束を、屈折作用により-Z方向に沿って偏向させる。また、偏向プリズム3の射出側には、X方向に延びる細長い透過部とX方向に延びる細長い遮光部とが一定のピッチで交互に設けられた透過型格子パターン3 aが形成されている。なお、透過型格子パターンに代えて、凹凸形状の反射型回折格子を適用しても良いし、あるいは反射部と無反射部とが交互に形成された反射型格子パターンを適用しても良い。

【0030】

透過型格子パターン3 aを透過した光は、投影光学系の光軸AXに平行な光軸AX1に沿って配置された投射光学系(4, 5)に入射する。投射光学系(4, 5)は、投射用集光レンズ4と投射用対物レンズ5とで構成されている。投射光学系(4, 5)を介した光束は、ペンタプリズム6に入射する。ペンタプリズム6は、その長手方向軸線がX方向に沿って延びた五角柱状の偏向プリズムであり、光軸AX1に沿って入射した光を屈折させることなくそのまま透過させるための第1透過面6 aを有する。すなわち、第1透過面6 aは、光軸AX1に対して

垂直に設定されている。第 1 透過面 6 a を透過してペンタプリズム 6 の内部を光軸 A X 1 に沿って伝播した光は、第 1 反射面 6 b で反射された後、第 2 反射面 6 c で光軸 A X 2 に沿って再び反射される。

【 0 0 3 1 】

第 2 反射面 6 c で反射されてペンタプリズム 6 の内部を光軸 A X 2 に沿って伝播した光は、第 2 透過面 6 d で屈折されることなくそのまま透過する。すなわち、第 2 透過面 6 d は、光軸 A X 2 に対して垂直に設定されている。ここで、ペンタプリズム 6 は石英ガラスのような低熱膨張で且つ低分散の光学材料で形成され、第 1 反射面 6 b および第 2 反射面 6 c にはアルミニウムや銀などからなる反射膜が形成されている。

【 0 0 3 2 】

こうして、光軸 A X 1 に沿って - Z 方向に入射した光は、ペンタプリズム 6 によって大きく偏向され、光軸 A X 2 に沿って所要の入射角で被検面 W a に達する。このとき、被検面 W a への入射角が十分大きくなるように、光軸 A X 2 の方向が設定され、ひいてはペンタプリズム 6 による偏向角が設定されている。以上のように、ペンタプリズム 6 は、一对の反射面を有し入射光束を該入射光束とは非平行な角度で射出させる光束偏向手段を構成している。なお、ペンタプリズム 6 の詳しい構成およびその作用効果については、後述する。

【 0 0 3 3 】

ここで、被検面 W a が投影光学系 P L の結像面と合致している状態において、
 ----- 投射光学系 (4 , 5) が格子パターン 3 a の形成面 (すなわち偏向プリズム 3 の
 ----- 射出面) と被検面 W a とを共役に配置するように構成されている。また、格子パターン 3 a の形成面と被検面 W a とが投射光学系 (4 , 5) に関してシャインブルーフの条件を満たすように構成されている。その結果、格子パターン 3 a からの光は、投射光学系 (4 , 5) を介して、被検面 W a 上のパターン像形成面の全体に亘って正確に結像する。

【 0 0 3 4 】

また、図 2 において光路を破線で示すように、投射用集光レンズ 4 と投射用対物レンズ 5 とで構成される投射光学系 (4 , 5) は、いわゆる両側テレセントリ

ック光学系である。したがって、格子パターン 3 a の形成面上の各点と被検面 W a 上の各共役点とは、全面に亘ってそれぞれ同倍率である。こうして、被検面 W a 上には、図 3 に示すように、格子パターン 3 a の一次像がその全体に亘って正確に形成される。

【 0 0 3 5 】

再び図 1 を参照すると、被検面 W a で反射された光は、上述のペンタプリズム 6 と同様の構成を有するペンタプリズム 7 を介して、集光光学系 (8 , 9) に入射する。すなわち、被検面 W a で反射された光は、投影光学系 P L の光軸 A X に関して光軸 A X 2 と対称な光軸 A X 3 に沿って、ペンタプリズム 7 に入射する。ペンタプリズム 7 では、光軸 A X 3 に垂直な第 1 透過面 7 a を透過した光が、第 1 反射面 7 b および第 2 反射面 7 c で順次反射された後、Z 方向に延びる光軸 A X 4 に沿って第 2 透過面 7 d に達する。光軸 A X 4 に垂直な第 2 透過面 7 d を透過した光は、光軸 A X 4 に沿って + Z 方向に集光光学系 (8 , 9) に入射する。

【 0 0 3 6 】

集光光学系 (8 , 9) は、受光用対物レンズ 8 と受光用集光レンズ 9 とで構成されている。そして、受光用対物レンズ 8 と受光用集光レンズ 9 との間の光路中には、走査手段としての振動ミラー 1 0 が設けられている。したがって、光軸 A X 4 に沿って受光用対物レンズ 8 に入射した光は、振動ミラー 1 0 を介して偏向され、光軸 A X 5 に沿って受光用集光レンズ 9 に達する。なお、本実施形態では、振動ミラー 1 0 を集光光学系 (8 , 9) の略瞳面に配置しているが、これに限定されることなく、被検面 W a と受光面との間の光路中において任意の位置に配置することができる。

【 0 0 3 7 】

集光光学系 (8 , 9) を介した光は、上述の偏向プリズム 3 と同様の構成を有するアオリ補正プリズム 1 1 に入射する。ここで、被検面 W a が投影光学系 P L の結像面と合致している状態において、集光光学系 (8 , 9) が被検面 W a とアオリ補正プリズム 1 1 の入射面 1 1 a とを共役に配置するように構成されている。こうして、アオリ補正プリズム 1 1 の入射面 1 1 a には、格子パターン 3 a の二次像が形成される。

【0038】

なお、アオリ補正プリズム11の入射面11aには、遮光手段としての受光スリットSが設けられている。受光スリットSは、図4に示すように、例えば5つのX方向に細長く延びる矩形状の開口部Sa1～Sa5を有する。集光光学系(8, 9)を介した被検面Waからの反射光は、受光スリットSの各開口部Sa1～Sa5をそれぞれ通過して、アオリ補正プリズム11に入射する。

【0039】

ここで、受光スリットSの開口部Saの数が、被検面Wa上における検出点の数に対応する。すなわち、被検面Wa上に格子パターン3aの一次像が形成されている状態を示す図3において、被検面Wa上の検出点(検出領域)Da1～Da5は、図4に示す受光スリットSの5つの開口部Sa1～Sa5に光学的に対応している。したがって、被検面Wa上での検出点の数を増やしたいときには、開口部Saの数を増やせば良いだけであり、検出点の数を増やしても構成の複雑化を招くことがない。

【0040】

なお、投影光学系PLによる結像面とアオリ補正プリズム11の入射面11aとが集光光学系(8, 9)に関してシャインプルーフの条件を満たすように構成されている。したがって、被検面Waと結像面とが合致している状態において、格子パターン3aからの光が、集光光学系(8, 9)を介して、プリズム入射面11a上のパターン像形成面の全体に亘って正確に再結像する。

【0041】

また、図2において光路を破線で示すように、集光光学系(8, 9)が両側テレセントリック光学系で構成されている。したがって、被検面Wa上の各点とプリズム入射面11a上の各共役点とは、全面に亘ってそれぞれ同倍率である。こうして、アオリ補正プリズム11の入射面11a上には、格子パターン3aの二次像がその全体に亘って正確に形成される。

【0042】

ところで、アオリ補正プリズム11の入射面11aの位置に受光面を配置すると、被検面Waに対する光束の入射角 θ が大きいため、受光面における光束の入

射角も大きくなる。この場合、受光面に例えばシリコン・フォト・ダイオードを配置すると、シリコン・フォト・ダイオードへの光束の入射角が大きくなるため、シリコン・フォト・ダイオードにおける表面反射が大きくなると共に、光束のけられが生じて、受光量が著しく低下する恐れがある。

【0043】

そこで、本実施形態では、受光面における光束の入射角に起因する受光量の低下を避けるために、図1に示すように、集光光学系(8, 9)に関する被検面W aとの共役面に偏向光学系としてのアオリ補正プリズム11の入射面11aを配置している。その結果、集光光学系(8, 9)を介して光軸AX5に沿ってアオリ補正プリズム11の入射面11aに入射した光束は、アオリ補正プリズム11の頂角(入射面と射出面とのなす角)と同じ屈折角にしたがって偏向され、射出面11bから光軸AX6に沿って射出される。ここで、射出面11bは、光軸AX6に垂直に設定されている。

【0044】

アオリ補正プリズム11の射出面11bから光軸AX6に沿って射出された光は、一対のレンズ12および13で構成されるリレー光学系(12, 13)に入射する。リレー光学系(12, 13)を介した光は、アオリ補正プリズム11の入射面11a上に形成された格子パターン3aの二次像と受光スリットSの開口部Sa1~Sa5との共役像を、受光部14の受光面14a上に形成する。受光面14aには、図5に示すように、5つのシリコン・フォト・ダイオードPD1~PD5が、受光スリットSの開口部Sa1~Sa5に光学的に対応するように設けられている。なお、シリコン・フォト・ダイオードに代えて、CCD(2次元電荷結合型撮像素子)やフォトマルを用いることもできる。

【0045】

このように、本実施形態においては、偏向光学系としてのアオリ補正プリズム11を用いているので、受光面14aに入射する光束の入射角が十分小さくなり、受光面14aにおける光束の入射角に起因する受光量の低下が回避される。なお、リレー光学系(12, 13)は、図2に示すように、両側テレセントリック光学系であることが望ましい。また、アオリ補正プリズム11の入射面11aと

受光面14aとガリレー光学系(12, 13)に関してシャインブルーフの条件を満足するように構成されていることが望ましい。

【0046】

さて、上述したように、アオリ補正プリズム11の入射面11a上には、5つの開口部Sa1～Sa5を有する受光スリットSが設けられている。したがって、入射面11aに形成された格子状パターン3aの二次像は、受光スリットSを介して部分的に遮光される。すなわち、受光スリットSの開口部Sa1～Sa5の領域に形成された格子状パターン3aの二次像からの光束のみが、アオリ補正プリズム11およびリレー光学系(12, 13)を介して、受光面14aに達する。

【0047】

こうして、図5に示すように、受光部14の受光面14a上に配置されたシリコン・フォト・ダイオードPD1～PD5上には、受光スリットSの開口部Sa1～Sa5の像すなわちスリット像SL1～SL5がそれぞれ形成される。なお、スリット像SL1～SL5は、シリコン・フォト・ダイオードPD1～PD5の矩形状の受光領域の内側にそれぞれ形成されるように設定されている。

【0048】

ここで、被検面Waが投影光学系PLの光軸AXに沿ってZ方向に上下移動すると、アオリ補正プリズム11の入射面11a上に形成される格子パターン3aの二次像は、被検面Waの上下移動に対応してパターンのピッチ方向に横ずれを起こす。本実施形態では、例えば特開昭56-42205号公報に開示された光電顕微鏡の原理により、格子パターン3aの二次像の横ずれ量を検出し、検出した横ずれ量に基づいて投影光学系PLの光軸AXに沿った被検面Waの面位置を検出する。以下、光電顕微鏡の原理による面位置検出について簡単に説明する。

【0049】

図1を参照すると、上述したように、集光光学系(8, 9)の光路中には振動ミラー10が設けられ、振動ミラー10はミラー駆動部15によってX軸廻りに正負回転駆動されるように構成されている。ミラー駆動部15は、内部の発振器からの信号に基づいて、所定の周期Tで振動ミラー10を図中矢印方向に振動さ

せる。振動ミラー10の振動に伴って、アオリ補正プリズム11の入射面11a上に形成される格子状パターン3aの二次像もそのパターンピッチ方向に振動する。このとき、格子状パターン3aの二次像の振動に伴って、受光スリットSの開口部Sa1～Sa5をそれぞれ透過する光の光量に変化する。受光スリットSの透過光は、リレー光学系(12, 13)を介して、受光部14の受光面14a上のシリコン・フォト・ダイオードPD1～PD5に達する。

【0050】

説明を簡単にするために1つのシリコン・フォト・ダイオードPD1に達する光に着目すると、受光スリットSの開口部Sa1を透過した光が、シリコン・フォト・ダイオードPD1上にスリット像SL1を形成する。このスリット像SL1の明るさは、振動ミラー10の振動に伴って変化する。本実施形態においては、開口部Sa1の幅(すなわち格子状パターン3aの二次像のピッチ方向の寸法)が格子状パターン3aの二次像のピッチの $1/2$ 以下となるように規定し、格子状パターン3aの二次像の振幅がそのピッチの $1/2$ 以下となるように規定している。

【0051】

また、被検面Waと投影光学系PLの結像面とが一致している状態において、開口部Sa1の中心が格子状パターン3aの二次像の振動中心と一致するように設定されている。したがって、振動ミラー10の振動に伴って格子状パターン3aの二次像が振動すると、シリコン・フォト・ダイオードPD1での受光量に変化する。受光部14のシリコン・フォト・ダイオードPD1は、スリット像SL1の光強度の変化すなわち光変調に応じた検出信号を位置検出部16に出力する。同様に、シリコン・フォト・ダイオードPD2～PD5も、スリット像SL2～SL5の光変調に応じた検出信号を位置検出部16に出力する。

【0052】

また、ミラー駆動部15からも振動ミラー10の振動周期Tと同じ位相の交流信号が位置検出部16へ供給される。位置検出部16は、周期Tの交流信号の位相を基準として、受光部14のシリコン・フォト・ダイオードPD1～PD5からの検出信号の同期整流すなわち同期検波を行い、得られた検波出力信号を補正

量算出部 1 7 へ出力する。位置検出部 1 6 から出力される検波出力信号は、いわゆる S カーブ信号と呼ばれ、被検面 W a 上の各検出領域 D a 1 ~ D a 5 が投影光学系 P L の結像面に位置しているとき、すなわち検出信号が振動ミラー 1 0 の振動周期 T の $1/2$ の周期で変化しているときに、それぞれ零レベルとなる。

【 0 0 5 3 】

一方、検波出力信号は、被検面 W a の検出領域 D a 1 ~ D a 5 が投影光学系 P L の結像面よりも上方に変位しているときには正のレベルを、被検面 W a の検出領域 D a 1 ~ D a 5 が投影光学系 P L の結像面よりも下方に変位しているときには負のレベルを示す。換言すると、検波出力信号は、被検面 W a の面位置の変化に対応した出力値を示すことになる。こうして、補正量算出部 1 7 では、供給された検波出力信号の正負レベルに基づいて、被検面 W a 上の各検出領域 D a 1 ~ D a 5 の Z 方向に沿った位置をそれぞれ算出し、被検面 W a の平均的な傾きおよび Z 方向に沿った位置を求める。

【 0 0 5 4 】

そして、補正量算出部 1 7 は、被検面 W a が投影光学系 P L の焦点深度の範囲内に収めるのに必要な傾き補正量および Z 方向補正量をそれぞれ算出し、算出したこれらの補正量をホルダ駆動部 2 3 へ供給する。ホルダ駆動部 2 3 は、傾き補正量および Z 方向補正量に基づいてホルダ保持機構 2 2 を駆動制御し、ウェハホルダ 2 1 のレベリングおよび Z 方向移動を、ひいてはウェハ W のレベリングおよび Z 方向移動を行なう。こうして、ウェハ W は、その被露光面 W a の現在の露光領域が投影光学系 P L の焦点深度の範囲内に収まるように、投影光学系 P L に対して高精度に位置合わせされる。なお、シャインプルーフの条件、偏向プリズム 3 およびアオリ補正プリズム 1 1 の構成や作用、および光電顕微鏡の原理の具体的な適用などについては、本出願人による特開平 6 - 9 7 0 4 5 号公報に詳細に開示されている。

【 0 0 5 5 】

次に、光束偏向手段としてのペンタプリズム 6 および 7 の構成および作用について詳述する。上述したように、ペンタプリズム 6 と 7 とは、同様の構成を有し、その結果同様の作用を奏する。したがって、説明を簡単にするために、ペンタ

プリズム 6 に着目してその構成および作用を説明する。図 1 を参照すると、ペンタプリズム 6 は、 $-Z$ 方向に沿って落射してくる光束を、被検面 $W a$ に対して所要の比較的大きな入射角で入射するように、水平に近い方向まで大きく偏向させる作用を有する。

【 0 0 5 6 】

図 6 は、図 1 のペンタプリズム 6 における一对の反射面のなす交差角と偏向角との関係を示す図である。図 6 において、光軸 $A X 1$ に沿ってペンタプリズム 6 に入射した光線 $L 1$ は、第 1 反射面 6 b および第 2 反射面 6 c で順次反射された後、光軸 $A X 2$ に沿った光線 $L 2$ としてペンタプリズム 6 から射出される。すなわち、ペンタプリズム 6 は、入射光線 $L 1$ を角度 ϕ だけ偏向させることになる。ここで、第 1 反射面 6 b と第 2 反射面 6 c とのなす交差角 ϕ と、入射光線 $L 1$ と射出光線 $L 2$ とのなす偏向角 ϕ との間には、次の式 (1) に示す関係が成立する。

【 0 0 5 7 】

$$\phi + \pi = (\pi - 2\alpha) + (\pi - 2\beta) \quad (1)$$

ここで、 α は、光軸 $A X 1$ に沿ってペンタプリズム 6 に入射した光線の第 1 反射面 6 b への入射角である。また、 β は、光軸 $A X 1$ に沿ってペンタプリズム 6 に入射した光線の第 2 反射面 6 c への入射角である。ところで、これらの入射角 α および β と交差角 ϕ との間には、次の式 (2) に示す関係が成立する。

【 0 0 5 8 】

$$\phi = \alpha + \beta \quad (2)$$

したがって、上述の式 (1) は、次の式 (3) に示すように変形される。

$$\phi + \pi = 2\pi - 2(\alpha + \beta) = 2\pi - 2\phi \quad (3)$$

こうして、上述の式 (3) から、偏向角 ϕ は次の式 (4) で表される。

$$\phi = \pi - 2\phi \quad (4)$$

【 0 0 5 9 】

式 (4) を参照すると、ペンタプリズム 6 の偏向角 ϕ が一对の反射面 6 b と 6 c との交差角 ϕ のみに関係すること、換言すると交差角 ϕ により一義的に決定されることがわかる。一方、ペンタプリズム 6 では、上述したように、石英ガラス

で一体的に形成された五角柱状のプリズムの対向する2つの側面に反射膜を形成することによって一对の反射面6bおよび6cを構成している。その結果、ペンタプリズム6では、周囲の振動や温度変動等に起因して、一对の反射面の交差角 ϕ が実質的に変化することがなく、その偏向角 ϕ も実質的に変化することがない。

【0060】

したがって、本実施形態では、周囲の振動や温度変動等に起因する保持部材の変動や変形に伴ってペンタプリズム6がたとえばX軸廻りに(A X 1とA X 2とを含む入射面内で)微小回転したとしても、一对の反射面6bと6cとの相対的な角度位置関係(すなわち交差角 ϕ)は一定に維持されるため、ペンタプリズム6の偏向角 ϕ は不変であり、すなわち射出光線L2の方向が不変であり、ひいては被検面W aへの光束の入射角も変化しないことになる。このとき、射出光線の空間位置是一对の反射面6bと6cとの間の距離に応じて変化するが、さらに具体的には図6において射出光線L2がA X 2に平行に横ずれするが、その横ずれ量は実用上無視し得る程度であり、ひいてはこの横ずれに伴う被検面W aへの光束の入射位置ずれ量も実用上無視し得る程度である。

【0061】

これに対し、従来技術にしたがってペンタプリズム6の位置に通常の反射ミラー(単一の反射面を有するミラー)を配置する場合、周囲の振動や温度変動等に起因する保持部材の変動や変形に伴って反射ミラーの反射面がたとえばX軸廻りに微小回転すると、反射ミラーの偏向角が傾き角(微小回転角)の2倍だけ変化することになり、被検面への光束の入射角とともに被検面への光束の入射位置が変化する。この場合、入射位置の変化量は、入射角の変化量と被検面から反射ミラーの反射面までの距離とにほぼ比例する。

【0062】

このとき、入射角の変化は被検面の面位置の検出用換算係数の変化に関連し、入射位置の変化はパターン像の形成位置の変化に関連することになり、いずれの変化も被検面位置の検出誤差を発生させることになる。換言すると、実際には被検面がその面位置を全く変えていない場合でも、反射ミラーの偏向角に起因する

入射角の変化および入射位置の変化に応じて受光スリット上でのパターン像の形成位置が変化することになり、あたかも被検面の面位置が変化したように検出されることになる。

【0063】

上述したように、本実施形態では、周囲の振動や温度変動等に起因する保持部材の変動や変形などに伴ってペンタプリズム6が入射面内で微小量だけ傾いても、その偏向角が不変であり、被検面への入射角が変化することはない。したがって、従来技術における1面反射の反射ミラーの場合とは異なり、入射角の変化も被検面から反射ミラーまでの距離に依存した入射位置の変化も生じることなく、周囲の振動や温度変動等に起因する検出誤差の発生を良好に抑えることができる。

【0064】

同様に、ペンタプリズム7についても、ペンタプリズム6と同様の効果を得ることができる。すなわち、周囲の振動や温度変動等に起因する保持部材の変動や変形などに伴ってペンタプリズム7が入射面内で微小量だけ傾いても、その偏向角が不変であり、受光スリットSへの入射角が、ひいては受光面14aへの入射角が変化することはない。したがって、従来技術における1面反射の反射ミラーの場合とは異なり、受光スリットSへの入射角の変化も反射ミラーから受光スリットSまでの距離に依存した入射位置の変化も生じることなく、周囲の振動や温度変動等に起因する検出誤差の発生を良好に抑えることができる。

【0065】

また、本実施形態では、投射光学系(4, 5)と被検面Waとの間の光路中および集光光学系(8, 9)と被検面Waとの間の光路中にペンタプリズム6および7をそれぞれ設け、被検面Waへの入射光束の光路および被検面Waからの反射光束の光路をペンタプリズム6および7の作用により大きく折り曲げて、投射光学系(4, 5)および集光光学系(8, 9)を被検面Waから十分に遠ざけている。その結果、投射光学系(4, 5)および集光光学系(8, 9)の構成および配置が、被検面Waの制約を実質的に受けることがない。

【0066】

以上のように、本実施形態の面位置検出装置では、光学系の構成および配置について被検面 W_a の制約を実質的に受けることがなく、周囲の振動や温度変動等に起因する検出精度の悪化を良好に抑えることができる。したがって、本実施形態の面位置検出装置を備えた投影露光装置では、その振動や周囲の温度変動等を実質的に影響されることなくマスクのパターン面と感光性基板の被露光面とを投影光学系に対して高精度に位置合わせすることができ、良好なマイクロデバイスを製造することができる。

【0067】

ただし、本実施形態の場合にも、ペンタプリズム6および7の微小傾きに応じて偏向後の光束が僅かながらシフトする（ペンタプリズムからの射出位置が変化する）ことになるので、ペンタプリズムを可能な限りコンパクトに構成する（ペンタプリズム中の光路長を可能な限り短くする）ことが望ましい。この場合、上述の式（4）により所要の偏向角 ϕ に応じて一对の反射面の所要の交差角 ψ が規定されるので、この所要の交差角 ψ と確保すべき一对の有効反射領域とに基づいてペンタプリズムをコンパクトに構成することになる。

【0068】

なお、ペンタプリズム自体の熱膨張により一对の反射面のなす交差角が変化する場合には、偏向角が（ひいては被検面や受光面への入射角や入射位置）が変化して、検出誤差が発生することになる。このため、石英ガラスのような低熱膨張の光学材料でペンタプリズムを形成することが望ましい。具体的には、石英ガラスの熱膨張係数は約 0.5 ppm/K であるが、ペンタプリズムを形成する光学材料は 1 ppm/K 以下の熱膨張係数を有することが望ましい。

【0069】

たとえば、低熱膨張ガラスとして、チタン珪酸ガラス（例えば米国ニューヨーク州コーニング市のコーニングインコーポレイテッド(Corning Incorporated)から入手可能なULE（商標））、同じくコーニングインコーポレイテッドから入手可能なゼロデュア（商標）、神奈川県相模原市の株式会社オハラから入手可能なクリアセラム Z (CLIARCERAM Z)（商標）等が挙げられる。ここで、ULEの熱膨張係数は $+0.05 \text{ ppm/K}$ であり、ゼロデュアの熱膨張係数は -0.0

3 p p m / K であり、クリアセラム Z の熱膨張係数は 0. 0 8 p p m / K である。なお、透過率の観点に立つと、低熱膨張ガラスとしては石英ガラスが最も好ましい。

【 0 0 7 0 】

また、プリズム内部での色収差の発生を低減させるために、石英ガラスのような低分散の光学材料でペンタプリズムを形成することが望ましい。具体的には、石英ガラスのアッベ数は約 6 8 であるが、ペンタプリズムを形成する光学材料は 6 5 以上のアッベ数を有することが望ましい。

【 0 0 7 1 】

ところで、前述したように、被検面 W a の面位置の検出精度を高めるには、被検面 W a への光束の入射角をできるだけ大きくする（90 度に近づける）ことが望ましい。本実施形態では、-Z 方向に沿って入射する光束を偏向角 ϕ だけ偏向させて X Y 平面に平行な被検面 W a へ入射させているので、被検面 W a に対する入射角 θ および反射角 θ と偏向角 ϕ との間には、 $\phi = \pi - \theta$ の関係が成立する。

【 0 0 7 2 】

したがって、所望の入射角 θ および反射角 θ をたとえば $80^\circ \leq \theta < 90^\circ$ に設定する場合、ペンタプリズムでの所要の偏向角 ϕ は $100^\circ \geq \phi > 90^\circ$ になり、式 (4) の関係にしたがってペンタプリズムでの一対の反射面の交差角 ϕ は $40^\circ \geq \phi > 45^\circ$ になる。換言すると、 $40^\circ \geq \phi > 45^\circ$ を満たす交差角 ϕ を有するペンタプリズムを用いることにより、被検面 W a への光束の入射角を所望の値に設定した上で、投射光学系 (4, 5) および集光光学系 (8, 9) を投影光学系 P L と同様に鉛直方向に沿って配置することができる。

【 0 0 7 3 】

図 7 は、図 1 の実施形態の変形例にかかる面位置検出装置を備えた投影露光装置の要部構成を概略的に示す図である。

図 7 の変形例は、図 1 の実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、図 7 の変形例では、ペンタプリズム 6 と被検面 W a との間の光路中およびペンタプリズム 7 と被検面 W a との間の光路中にひし形プリズム 3 1 および 3 2 がそれぞれ付設されている点だけが図 1 の実施形態と相違している。したがって、図 7 にお

いて、図 1 の実施形態の構成要素と同様の機能を有する要素には図 1 と同じ参照符号を付している。以下、図 1 の実施形態との相違点に着目して、図 7 の変形例を説明する。

【 0 0 7 4 】

図 7 の変形例では、光軸 A X 2 に沿ってペンタプリズム 6 から射出された光束が、ひし形プリズム 3 1 に入射する。ひし形プリズム 3 1 は、ひし形断面を有する四角柱状のプリズムであって、その長手方向軸線がペンタプリズム 6 と同様に X 方向に沿って配置されている。ひし形プリズム 3 1 では、光軸 A X 2 に垂直な第 1 透過面 3 1 a を透過した光が、互いに平行な一对の反射面 3 1 b および 3 1 c で順次反射された後、第 1 透過面 3 1 a に平行な第 2 透過面 3 1 d を透過し、光軸 A X 2 に平行な光軸 A X 2 1 に沿ってひし形プリズム 3 1 から射出される。ひし形プリズム 3 1 から光軸 A X 2 1 に沿って射出された光束は、被検面 W a に入射する。

【 0 0 7 5 】

一方、投影光学系 P L の光軸 A X に関して光軸 A X 2 1 と対称な光軸 A X 3 1 に沿って被検面 W a で反射された光束は、ひし形プリズム 3 2 に入射する。ひし形プリズム 3 2 は、ひし形プリズム 3 1 と同様に、X 方向に沿って長手方向軸線を有し且つひし形断面を有する四角柱状のプリズムである。したがって、ひし形プリズム 3 2 では、光軸 A X 3 1 に垂直な第 1 透過面 3 2 a を透過した光が、互いに平行な一对の反射面 3 2 b および 3 2 c で順次反射された後、第 1 透過面 3 2 a に平行な第 2 透過面 3 2 d を透過し、光軸 A X 3 1 に平行な光軸 A X 3 に沿ってひし形プリズム 3 2 から射出される。

【 0 0 7 6 】

以上のように、図 7 の変形例では、ペンタプリズム 6 と被検面 W a との間の光路中およびペンタプリズム 7 と被検面 W a との間の光路中にひし形プリズム 3 1 および 3 2 がそれぞれ付設されているので、被検面 W a への入射光束の光路および被検面 W a からの反射光束の光路がひし形プリズム 3 1 および 3 2 の作用によりそれぞれ平行移動する。その結果、一对のペンタプリズム 6 および 7 を被検面 W a から遠ざけることができ、一对のペンタプリズム 6 および 7 およびその保持

部材の構成および配置が被検面 W a の制約を実質的に受けることがない。

【 0 0 7 7 】

ところで、図 1 の実施形態では、光束偏向手段がペンタプリズムの形態を有するが、互いに平行でない一对の反射ミラーと該一对の反射ミラーを嵌合保持するための保持部材とで光束偏向手段を構成することもできる。図 8 は、光束偏向手段の変形例の構成を概略的に示す図である。また、図 9 は、図 8 の保持部材の構成を概略的に示す図である。

【 0 0 7 8 】

図 8 の変形例では、図 1 のペンタプリズム 6 の第 1 反射面および第 2 反射面に対応する反射面を有する第 1 反射ミラー 4 1 および第 2 反射ミラー 4 2 が、第 1 ミラー保持部材 4 3 および第 2 ミラー保持部材 4 4 によってそれぞれ嵌合保持されている。さらに、第 1 ミラー保持部材 4 3 および第 2 ミラー保持部材 4 4 は、ベース 4 5 と一体的に形成されているか、あるいはベース 4 5 に取り付けられている。このように、ベース 4 5 は、第 1 反射ミラー 4 1 の反射面と第 2 反射ミラー 4 2 の反射面との交差角 ψ を固定的に維持するように、第 1 ミラー保持部材 4 3 および第 2 ミラー保持部材 4 4 を介して、第 1 反射ミラー 4 1 および第 2 反射ミラー 4 2 を保持している。

【 0 0 7 9 】

図 9 を参照すると、ミラー保持部材 7 0 (図 8 の第 1 ミラー保持部材 4 3 および第 2 ミラー保持部材 4 4 に対応) は、回転対称形状 (具体的には厚さ及び外径が一定の円盤形状) をなす反射ミラー 5 1 (図 8 の第 1 反射ミラー 4 1 および第 2 反射ミラー 4 2 に対応) を保持するもので、光学部材保持金物 8 1 とスペーサ 8 2 と固定リング 8 3 とを有する。

【 0 0 8 0 】

光学部材保持金物 8 1 は、内径側が段付き形状とされ、外径側が一定径の略円筒状とされている。すなわち、その内径側には、軸線方向における一方側に第一内径部 8 5 が形成されており、軸線方向における他方側に第二内径部 8 6 が形成されている。ここで、第一内径部 8 5 は第二内径部 8 6 より小径とされていて、その結果、これらの間には、軸線方向に直交する段部 8 7 が形成されている。

【 0 0 8 1 】

第一内径部 8 5 には、第二内径部 8 6 に対し反対側の端部に、中心方向に突出する台形状の支持部 8 9 が、三つ形成されている。これら支持部 8 9 は、同一形状をなしており、光学部材保持金物 8 1 の周方向における等間隔位置に形成されている。これら支持部 8 9 は、光学部材保持金物 8 1 の軸線方向における第二内径部 8 6 側に、軸線方向に直交する台形状の接触面 8 9 a をそれぞれ有している。これら接触面 8 9 a は、同一形状をなしており、光学部材保持金物 8 1 の軸線方向と直交する同一面内に位置する。

【 0 0 8 2 】

加えて、第二内径部 8 6 には、第一内径部 8 5 に対し反対側の端部に、雌ネジ 9 1 が形成されている。段部 8 7 には、支持部 8 9 と径方向における位置を合わせて、対をなす挿入穴（一つのみ図示） 9 2 がそれぞれ形成されている。この光学部材保持金物 8 1 には、反射ミラー 5 1 が、第二内径部 8 5 から挿入され、すべての支持部 8 9 の接触面 8 9 a に、反射ミラー 5 1 の他方の面 5 1 a における周辺部 6 2 が載置される。

【 0 0 8 3 】

スペーサ 8 2 は、対をなす挿入穴 9 2 にそれぞれ取り付けられ、挿入穴 9 2 に挿入される一对の平行な軸部 9 3 と、これら軸部 9 3 から軸線方向に直交して延出する介装板部 9 4 とを有している。各スペーサ 8 2 を挿入穴 9 2 に挿入することにより、スペーサ 8 2 は、その介装板部 9 4 の接触面 9 4 a が反射ミラー 5 1 の一方の面 5 1 b における周辺部 6 2 に当接する。

【 0 0 8 4 】

ここで、反射ミラー 5 1 の一方の面 5 1 b に接触する介装板部 9 4 の接触面 9 4 a の形状は、反射ミラー 5 1 の他方の面 5 1 a に接触する支持部 8 9 の接触面 8 9 a の形状に一致させられている。その結果、これら接触面 9 4 a, 8 9 a の面積は、互いに同面積となっている。さらに、対応する接触面 9 4 a, 8 9 a 同士は、互いに対向する位置（光学部材保持金物 8 1 の周方向における同位置）に配置されている。

【 0 0 8 5 】

固定リング 83 は、外径側が段付き形状とされ内径側が一定径の略円環状とされている。すなわち、その外径側には、軸線方向における一方側に第一外径部 96 が、軸線方向における他方側に第二外径部 97 が形成されている。ここで、第一外径部 96 は第二外径部 97 より大径とされており、第一外径部 96 には、雄ネジ 98 が形成されている。この固定リング 83 は、上記のように反射ミラー 51 を第一内径部 85 に挿入させかつすべてのスペーサ 82 が取り付けられた状態にある光学部材保持金物 81 の雌ネジ 91 に、雄ネジ 98 で螺合することで、金物 81 に取り付けられる。ここで、この固定リング 83 が光学部材保持金物 81 に螺合されると、反射ミラー 51 が軸線方向における両側から支持部 89 の台形状の接触面 89a と介装板部 94 の台形状の接触面 94a とで挟持される。

【0086】

ミラー保持部材 70 によれば、接着剤を用いることなく、反射ミラー 51 が保持される。したがって、たとえば周囲の温度変動に起因する接着剤の変形などに伴って反射ミラー 51 の反射面が入射面内において傾くのを有効に回避することができる。なお、図 8 の変形例では、一对の反射ミラー 41 と 42 との交差角を固定的に維持するために、一对のミラー保持部材 43 および 44 並びにベース 45 を、 1 ppm/K 以下の熱膨張係数を有する低熱膨張の材料で形成することが望ましい。具体的には、低熱膨張セラミックス、低熱膨張ガラス、低熱膨張合金等でこれらの部材を形成することができる。

【0087】

----- なお、上述の実施形態および変形例では、投射光学系 (4, -5) と被検面 W a ----- との間の光路中および集光光学系 (8, 9) と被検面 W a との間の光路中にペンタプリズム 6 および 7 をそれぞれ設けているが、少なくとも一方の光路中にペンタプリズムを設けることにより本発明の効果を奏することができる。

【0088】

また、上述の実施形態および変形例では、投影露光装置が単一の面位置検出装置を備えている例を説明しているが、これに限定されることなく、必要に応じて複数組の面位置検出装置で検出視野を分割することもできる。この場合、第 1 の面位置検出装置の検出視野と第 2 の面位置検出装置の検出視野との共通の視野に

おける検出結果に基づいて、各装置のキャリブレーションを行うこともできる。

【 0 0 8 9 】

また、上述の実施形態および変形例では、一对の反射面を有する五角柱状のプリズムまたは一对の反射ミラーを有するミラー組立体で光束偏向手段を構成しているが、これに限定されることなく、偶数面の反射面を有するプリズム形態またはミラー組立体形態の光束偏向手段を用いることもできる。

【 0 0 9 0 】

さらに、上述の実施形態および変形例では、投影露光装置の感光性基板の面位置の検出に対して本発明を適用しているが、投影露光装置のマスクの面位置の検出に本発明を適用することもできる。

【 0 0 9 1 】

また、上述の実施形態および変形例では、投影露光装置における感光性基板の面位置の検出に対して本発明を適用しているが、一般の被検面の面位置の検出に本発明を適用することもできる。

【 0 0 9 2 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の面位置検出装置では、たとえば投射光学系と被検面との間の光路中および集光光学系と被検面との間の光路中にそれぞれ設けられたペンタプリズムのような光束偏向手段の作用により被検面への入射光束の光路および被検面からの反射光束の光路が大きく折り曲げられるので、投射光学系および集光光学系が被検面から遠ざけられ、これらの光学系の構成および配置が被検面の制約を実質的に受けることがない。

【 0 0 9 3 】

また、周囲の振動や温度変動等に起因する保持部材の変動や変形に伴ってペンタプリズムがたとえば入射面内で微小量だけ傾いたとしても、その偏向角は不変であり、すなわち射出光束の方向が不変であり、ひいては被検面または受光面への光束の入射角も変化しないことになる。その結果、被検面や受光面において入射角の変化も入射位置の変化もほとんど生じることなく、周囲の振動や温度変動等に起因する検出誤差の発生を良好に抑えることができる。

【 0 0 9 4 】

さらに、投影露光装置において投影光学系に対する感光性基板の面位置の検出に本発明の面位置検出装置を適用すると、投影露光装置の振動や周囲の温度変動等を実質的に影響されることなく、マスクのパターン面と感光性基板の被露光面とを投影光学系に対して高精度に位置合わせすることができるので、良好なマイクロデバイスを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態にかかる面位置検出装置を備えた投影露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図 2】

図 1 の投射光学系および集光光学系がともに両側テレセントリックであることを示す光路図である。

【図 3】

被検面 W a 上に格子パターン 3 a の一次像が形成されている状態を示す斜視図である。

【図 4】

5 つの X 方向に細長く延びる矩形状の開口部 S a 1 ~ S a 5 を有する受光スリット S の構成を概略的に示す図である。

【図 5】

----- 5 つのシリコン・フォト・ダイオード P-D-1 ~ P-D-5 が、受光スリット S の開口部 S a 1 ~ S a 5 に光学的に対応するように、受光部 1 4 の受光面 1 4 a 上に設けられている様子を示す図である。 -----

【図 6】

図 1 のペンタプリズム 6 における一対の反射面のなす交差角と偏向角との関係を示す図である。

【図 7】

図 1 の実施形態の変形例にかかる面位置検出装置を備えた投影露光装置の要部構成を概略的に示す図である。

【図 8】

光束偏向手段の変形例の構成を概略的に示す図である。

【図 9】

図 8 の保持部材の構成を概略的に示す図である。

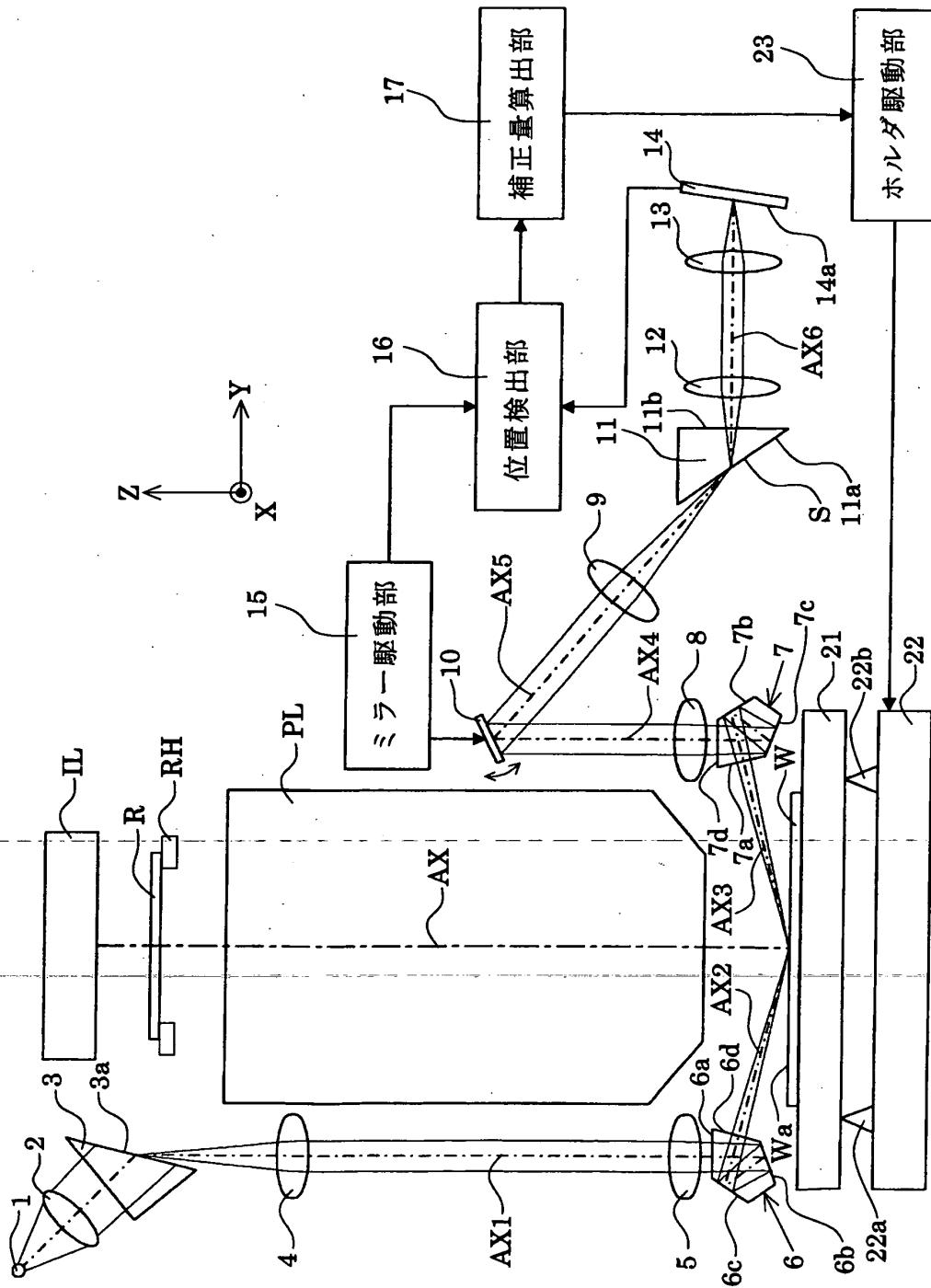
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 コンデンサレンズ
- 3 偏向プリズム
- 4, 5 投射光学系
- 6, 7 ペンタプリズム
- 8, 9 集光光学系
- 10 振動ミラー
- 11 アオリ補正プリズム
- 12, 13 リレー光学系
- 14 受光部
- 15 ミラー駆動部
- 16 位置検出部
- 17 補正量算出部
- 21 ウェハホルダ
- 22 ホルダ保持機構
- 23-----ホルダ駆動部-----
- I L 照明系
- R レチクル
- RH-----レチクルホルダ
- P L 投影光学系
- W ウェハ

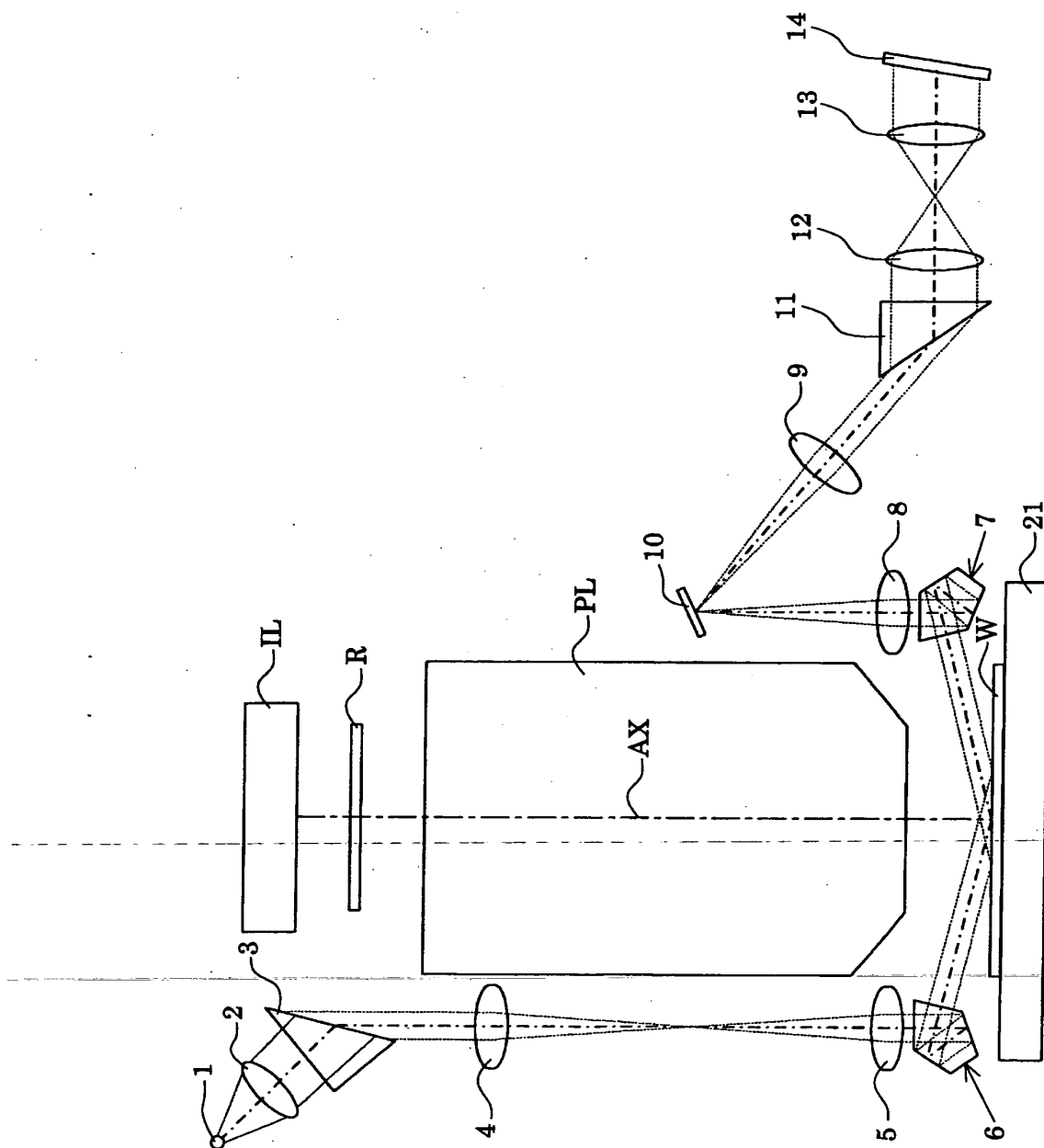
【書類名】

図面

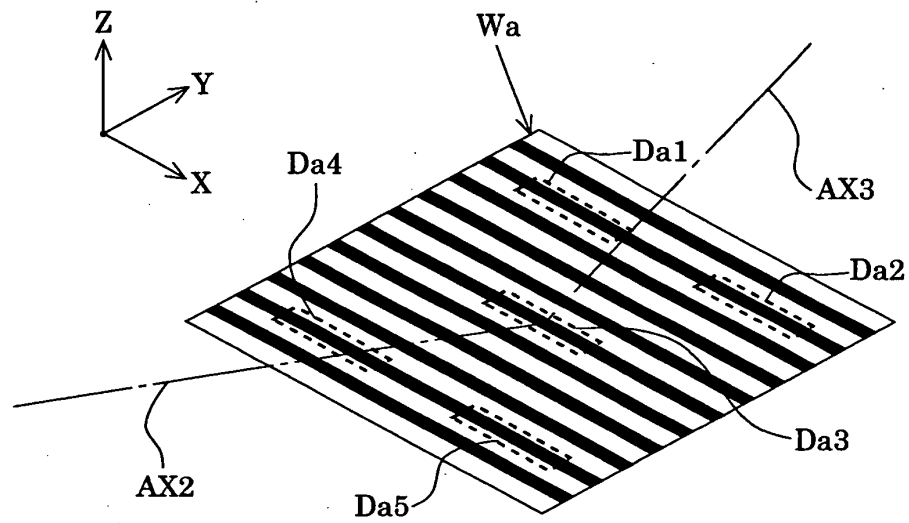
【図1】



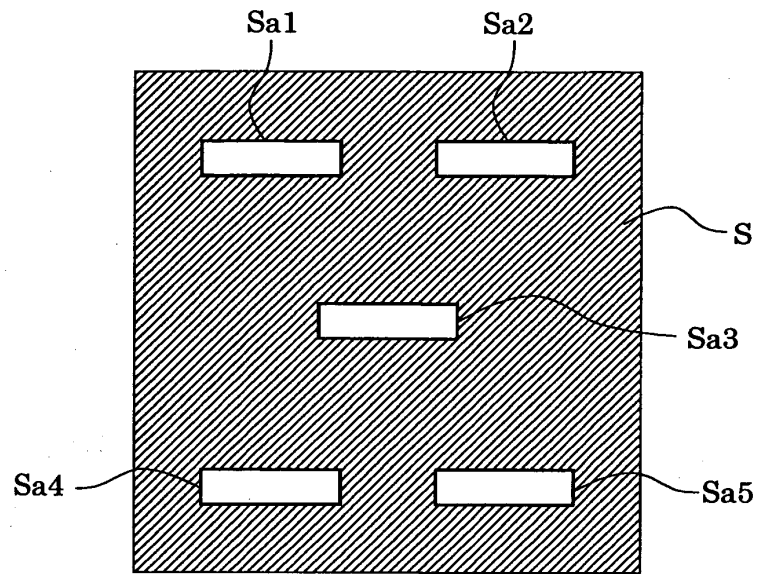
【図 2】



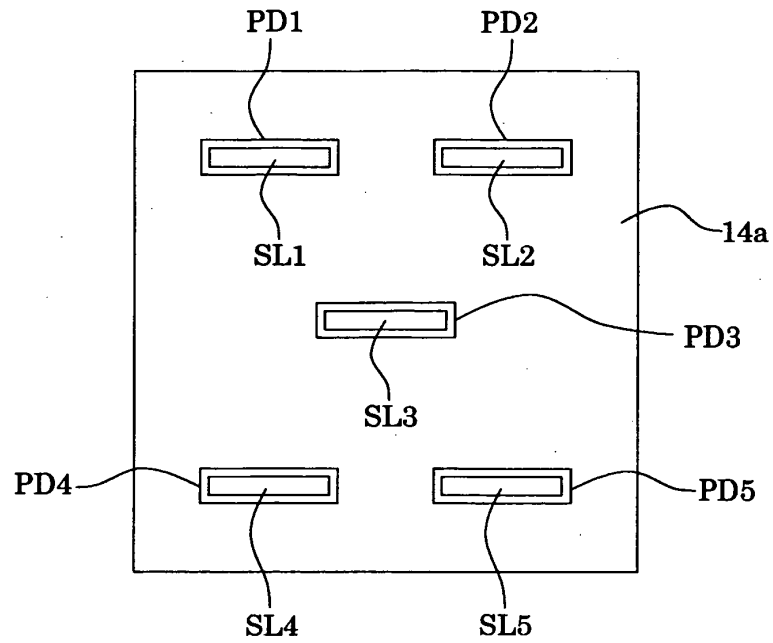
【図3】



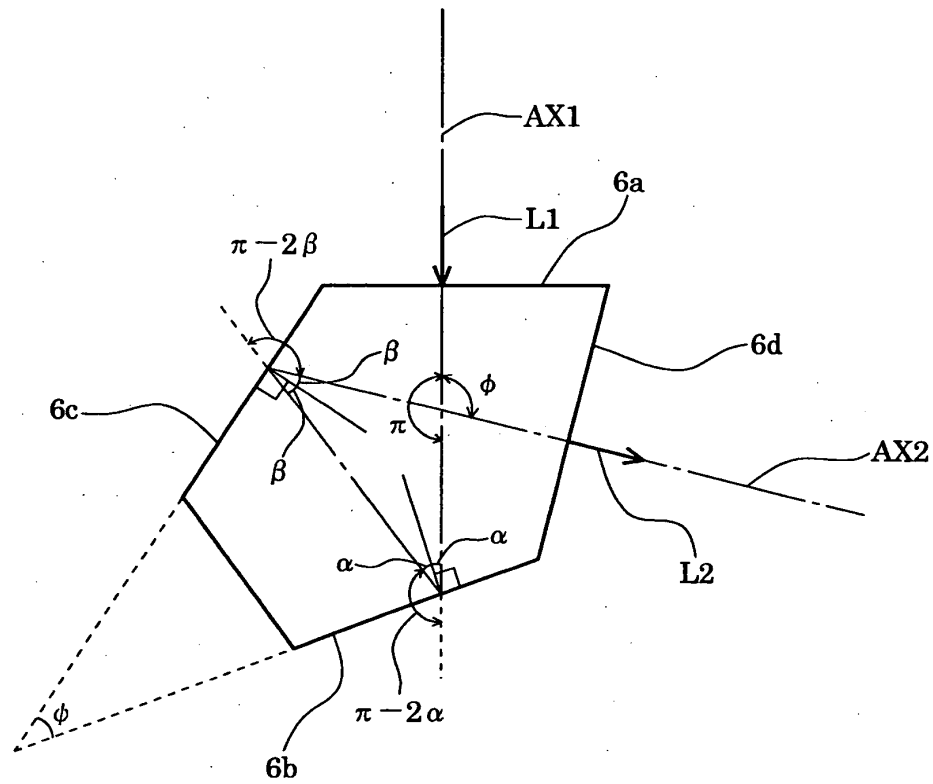
【図 4】



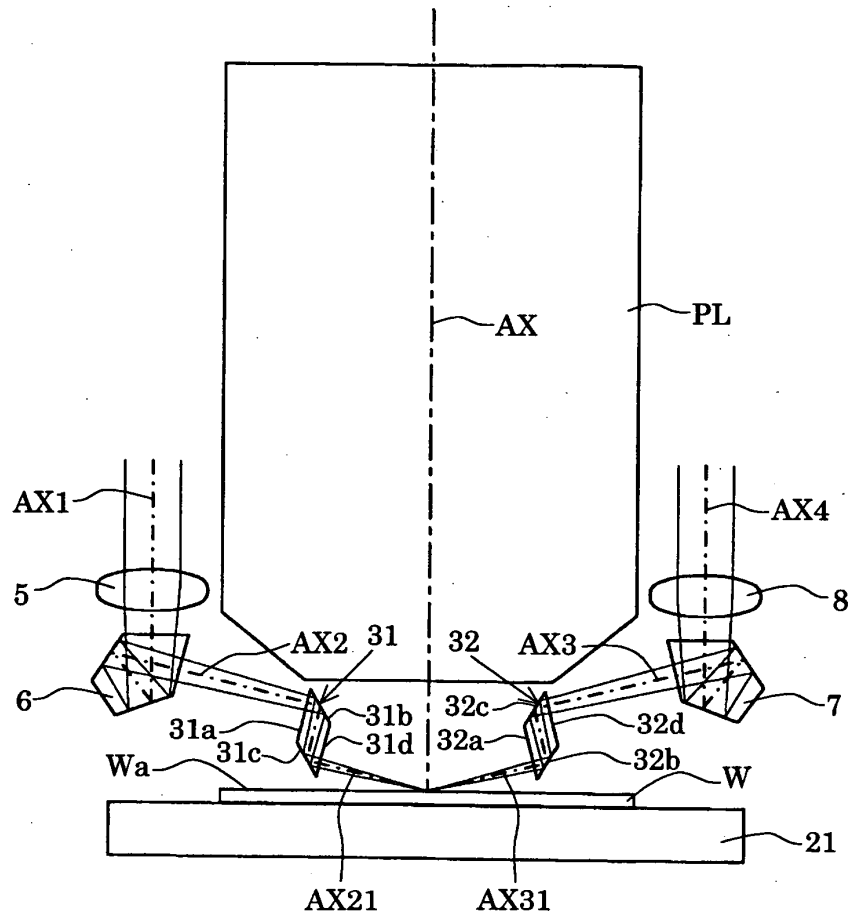
【図 5】



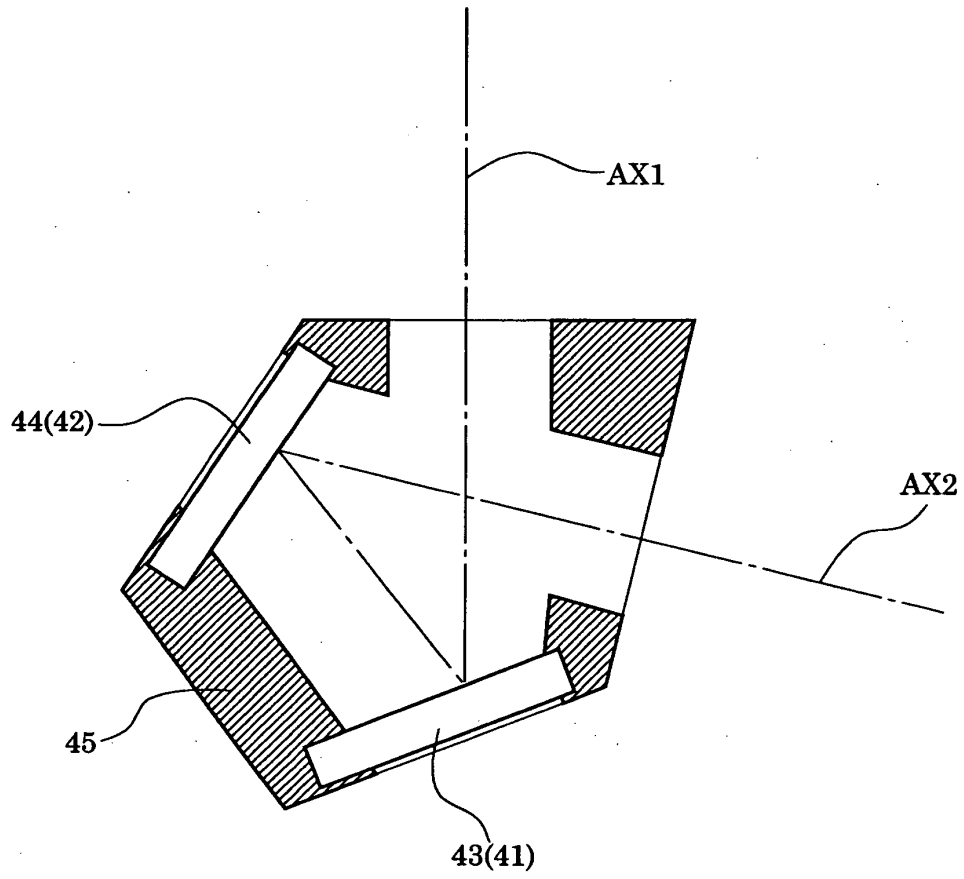
【図 6】



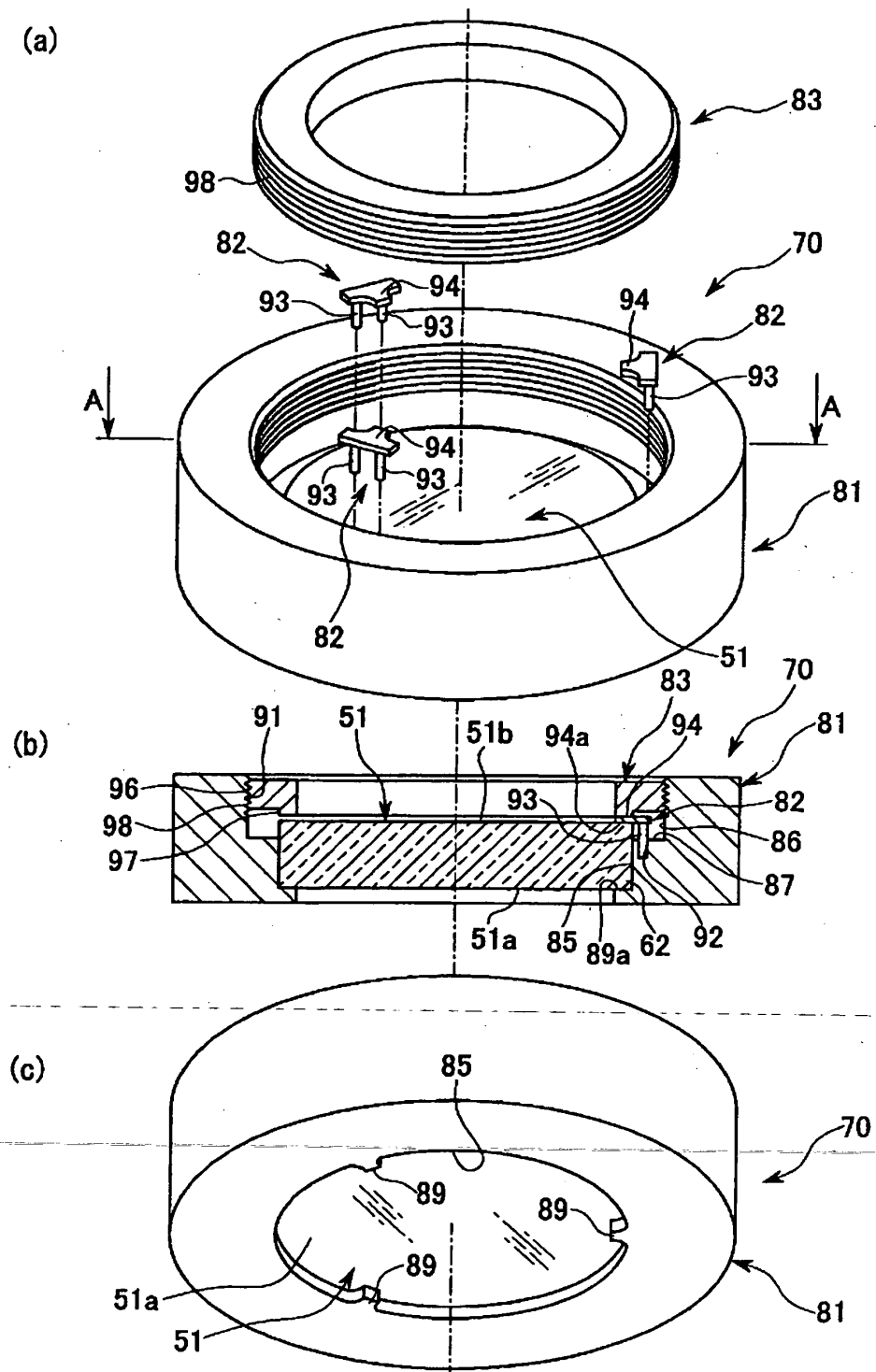
【図 7】



【図 8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光学系の構成および配置について被検面の制約を実質的に受けることなく、周囲の振動や温度変動等に起因する検出精度の悪化を良好に抑えることのできる面位置検出装置。

【解決手段】 被検面（W a）の面位置を検出する面位置検出装置である。被検面上に斜め方向から光束を投射するための投射系（1～6）と、被検面で反射された光束を受光するための受光系（7～14）とを備えている。投射系の光路および受光系の光路のうちの少なくとも一方の光路には、偶数面の反射面を有し入射光束を該入射光束とは非平行な角度で射出させる光束偏向手段（6，7）が設けられている。受光系の出力に基づいて被検面の面位置を検出する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-111314
受付番号	50000465068
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成12年 4月13日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成12年 4月12日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名 株式会社ニコン